Las Obras Hidroeléctricas del Río Negro

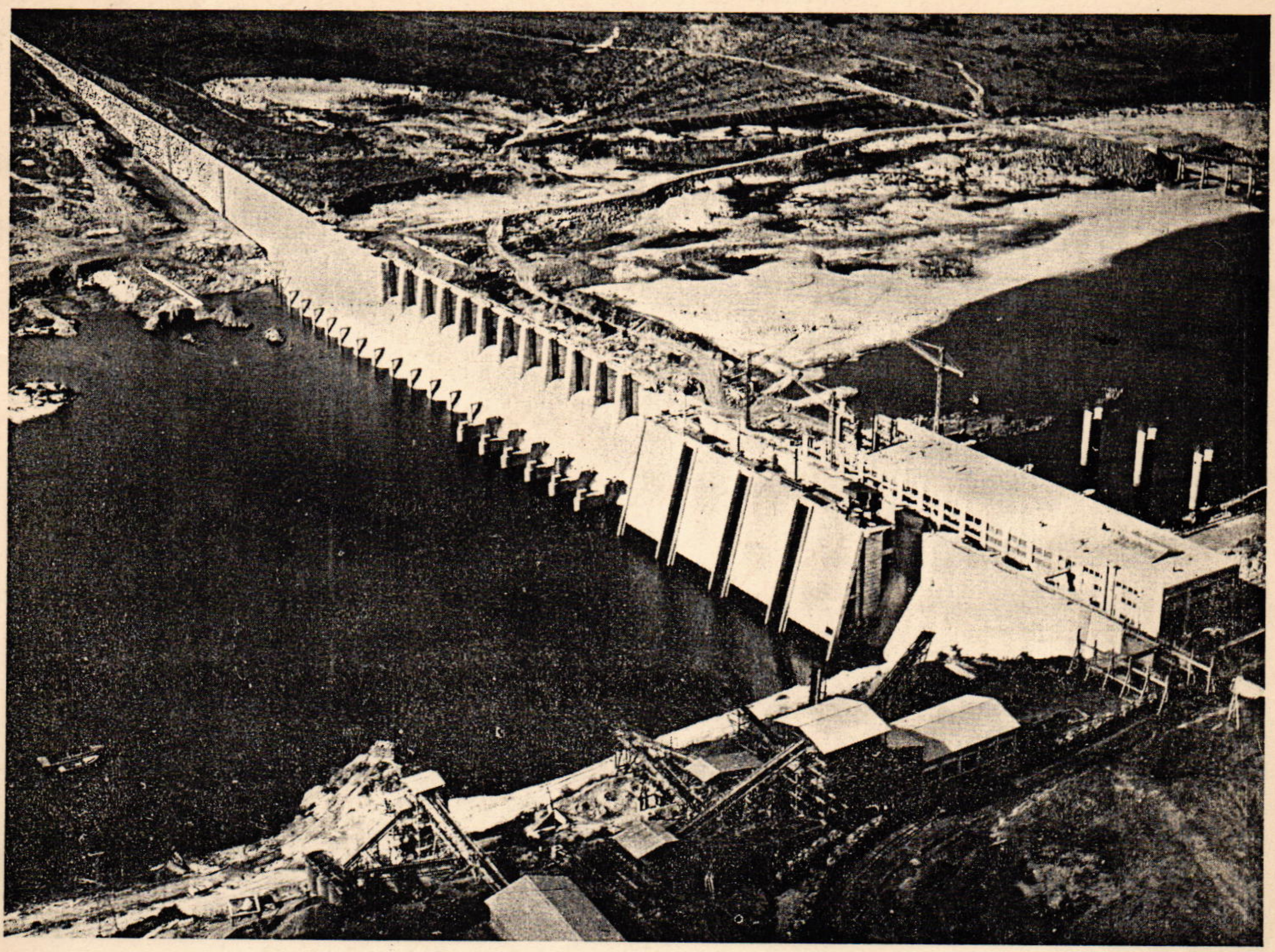
por el Ing. Luis Giorgi

APARTADO DE LA "REVISTA DE INGENIERIA" - JUNIO 1945

La fotografía que luce en la carátula corresponde al dique y Usina de Rincón del Bonete (Río Negro).

En ella puede apreciarse: en primer término, las instalaciones de la planta de trituración, lavado y clasificación de agregados áridos para el hormigón; luego, las estructuras de la toma del vertedero y del dique; aguas abajo del dique, en la margen derecha, el edificio de la Usina y Casa de Comando: detrás de éste, los pilares de soporte de las estructuras de las barras colectoras de 165 kV (apenas visibles en la fotografía) y, más hacia la derecha, los tres pilares de soporte de la estructura del mástil «O» arranque de las 2 líneas de transporte de energía a Montevideo.

Esta fotografía fué tomada, desde avión militar, mirando desde la margen derecha, aguas arriba del dique, hacia la margen izquierda, por la Dirección General de la Aeronáutica Militar el día 4 de junio de 1945 y corresponde a la colección que dicha Dirección General prepara para la Rione.



DIQUE Y USINA DE RINCON DEL BONETE (RIO NEGRO)

Las Obras Hidroeléctricas del Río Negro

por el Ing. Luis Giorgi

APARTADO DE LA "REVISTA DE INGENIERIA" - JUNIO 1945

Las obras hidroeléctricas del Río Negro

Por el Ingeniero LUIS GIORGI



Tratándose de una de las obras públicas de mayor importancia desde el punto de vista técnico, así como también por su importe cuantioso y por su trascendencia en el futuro nacional, la Dirección de «Revista de Ingeniería» ha considerado conveniente requerir del Director General de las Obras de Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Negro, Ingeniero Luis Giorgi, una información del estado actual de las obras.

Debemos anotar que su dirección primero y luego la ejecución de una gran parte de las obras complementarias — como el traslado de la vía férrea en la parte afectada por el lago artificial, la línea de transporte a Montevideo de la energía, el montaje de subestaciones e instalaciones eléctricas y diversas obras de terminación en la presa, posteriores a la rescisión del contrato con el «Consal» — han estado y están a cargo de ingenieros nacionales.

Nos complacemos en dar a continuación la nómina y distribución de cargos de este plantel de técnicos cuya eficiente labor hace honor a la ingeniería uruguaya:

Ingeniero Luis Giorgi. — Director General. Permaneció 14 meses en U. S. A. realizando gestiones ante el Departamento de Estado de aquel país, Eximbank y Junta de Producción de Guerra, para la obtención de la autorización del Gobierno Norteamericano, crédito de 12 millones de dólares y prioridades. Contratación de Ingenieros Constructores; contratación con los diversos manufactureros. Estudio de obras similares, especialmente las del Valle del Tennessee.

Sección Ingeniería Civil.

Ing. Carlos A. Giavi. — Ing. Jefe. — A cargo del contralor de los trabajos de Ingeniería Civil ejecutados por el "Consal", proyecto, dirección y ejecución de todos los trabajos de Ingeniería Civil realizados por la Rione (dique, usina, vía férrea entre Rincón del Bonete y Paso de los Toros, desviación de la vía férrea del Central entre km. 298 y 328, pasabarcos, edificios de las subestaciones, etc.),

Ing. Héctor Oddo. — Jefe de la Sección Rincón del Bonete. — Ingeniero Residente en Rincón del Bonete, a cargo del contralor directo en la obra de los trabajos del "Consal" y de las construcciones posteriores hechas por administración por la Rione, en el dique y usina de Rincón del Bonete; construcción de la línea férrea entre km. 298 y 328 y demás obras de Ingeniería Civil en el Rincón del Bonete y de los edificios para las subestaciones en Montevideo.

Ing. Rolando Trucco. — Segundo Jefe de la Sección Rincón del Bonete hasta el 1º de agosto de 1943, fecha en que renunció a su cargo. Colaboró en todos los trabajos de Ingeniería Civil realizados en la sección Rincón del Bonete hasta esa fecha.

Ing. Augusto Hareau. — Actualmente segundo Jefe en la Sección Rincón del Bonete. Trabajó en la desviación de la línea férrea del Central entre km. 298 y 328 y en obras de Ingeniería Civil en general.

Ing. Manuel Sallés. — Ingeniero ayudante. A cargo de los trabajos de perforaciones e inyecciones.

Ing. Ademar Soler. — Ingeniero ayudante.

Sección Electro-Mecánica.

Ing. Juan C. Rezzano. — Jefe de la Sección Electro-Mecánica. Permaneció 34 meses en U.S.A. A cargo de todos los trabajos de electro-mecánica; efectuó la revisión total del proyecto, en la parte electro-mecánica, en los E.E. U.U.

Ing. Víctor H. Campistrous. — Ingeniero a cargo de la construcción de las líneas aéreas de transmisión de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo. (permaneció 9 meses en U.S.A.)

Ing. Luis Jauge. — Ingeniero a cargo de las subestaciones en Montevideo y de los cables de conexiones entre ellas (permaneció 8 meses en U.S.A.).

Ing. Antonio De Anda. — Ingeniero a cargo de las máquinas de la Usina del Rincón del Bonete. (permaneció 9 meses en U.S.A.).

Ing. Franco Vázquez Praderi. — Ingeniero a cargo de las instalaciones eléctricas en Rincón del Bonete (permaneció 15 meses en U.S.A.).

Ing. Luis A. Cagno. — Ingeniero a cargo de la verificación del proyecto y de las adquisiciones y embarques en U.S.A. — (Ha permanecido 20 meses en U.S.A. y continúa aún en ese país).

Sección Expropiaciones.

Agrimensor Isaac Díaz. — Jefe de la Sección Expropiaciones. **Agr. José A. Richero.** — Jefe de la sub-sección Topografía. Agrimensores ayudantes: Adolfo Ferrari, Ramón Gutiérrez, Nelson Soria. Comisiones topográficas a cargo de los agrimensores Julio C. Horta, Juan Cardellino y Néstor Silvera Anduiza.

N. de la D.

I. Contrato con el Consorcio Alemán

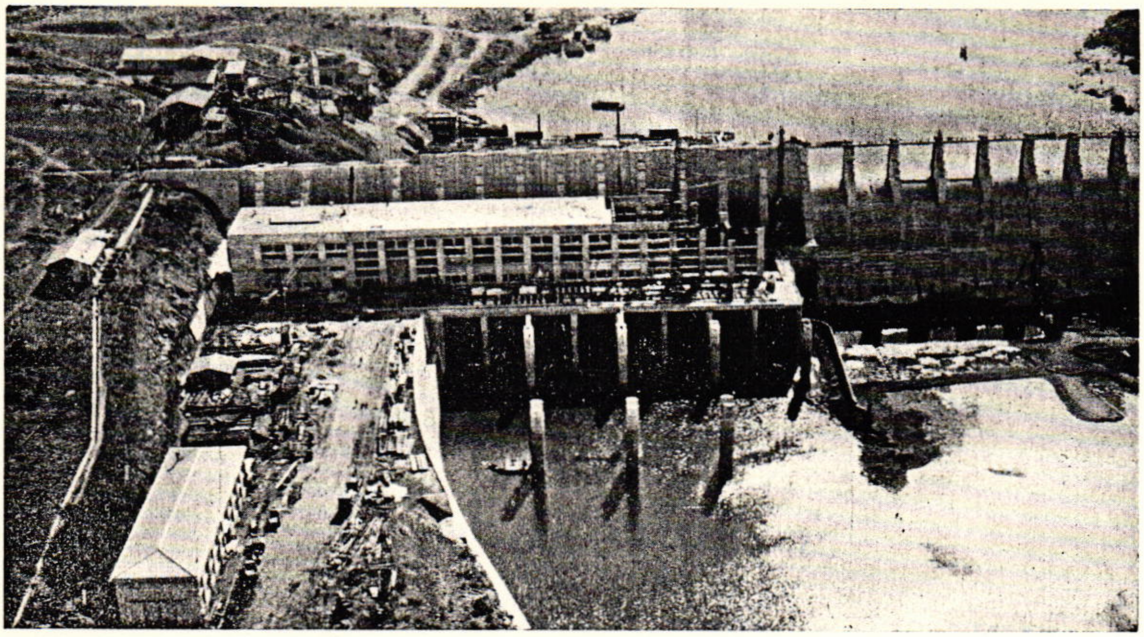
Las obras hidroeléctricas del Río Negro (Dique, Usina y Estaciones de tranformación en Rincón del Bonete; dos líneas aéreas de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo y Subestación en Montevideo) fueron contratadas por el Gobierno uruguayo el 15 de abril de 1937, con un Consorcio Alemán (que en adelante será denominado «Consal») constituído por las siguientes compañías:

J. M. Voith, de Heidenhein.

Siemens Schuckertwerke, de Berlín.

A. E. G., de Berlín.

Compañía General de Obras Públicas, de Buenos Aires.



Vista general de la Usina; del canal inferior; de parte del vertedero; de las explanadas para las estaciones de transformación y del taller en Rincón del Bonete. (Foto tomada el 4-VI-945)

Siemens Bauunion, de Buenos Aires.

La primera de estas compañías tomó a su cargo el suministro y la instalación de toda la maquinaria y elementos hidráulicos.

Las dos siguientes tomaron a su cargo la parte eléctrica.

Las dos últimas, las obras de Ingeniería Civil (dique, edificios, cimentaciones de transformadores, de interruptores, de torres de las líneas de transporte de energía, etc.).

Las cinco compañías eran solidariamente responsables por la totalidad de la obra y por su buen funcionamiento.

Además de las cinco compañías que constituían el «Consal», otras varias hicieron, o harían, suministros para el Río Negro como subcontratistas del «Consal». Entre ellas, la M. A. N. que suministró e instaló gran parte de las partes metálicas que el «Consal» entregó antes de su alejamiento de la obra.

Independientemente de las obras contratadas con el «Consal», corrían por cuenta del Gobierno uruguayo las siguientes:

1.—Construcción de viviendas para el personal, en Rincón del Bonete;

2.—Construcción de la infraestructura de la línea férrea (11 km. aproximadamente) para el servicio de la obra, entre Paso de los Toros y Rincón del Bonete. (La superestructura estaba comprendida en el contrato con el «Consal»).

3.—Construcción de la desviación de la línea del Ferrocarril Central a Rivera entre los kilómetros 298 y 328 (kilometraje anterior a la desviación), con un acortamiento de 4 kilómetros, aproximadamente.

En consecuencia, la desviación hecha va del kilómetro 298 al kilómetro 324 (kilometraje actual), es decir, tiene una longitud de 26 km.

4.—Expropiación de las tierras a ser inundadas por las aguas, para formar el embalse, y pago de las indemnizaciones por ese concepto; por las ocupaciones para las líneas aéreas; etc.

5.—Impermeabilización del subsuelo de fundación del dique y de las márgenes del embalse, en el caso de ser necesaria esta última.

6.—Construcción de una cabeza de esclusa para permitir, en el futuro, la construcción de una esclusa aguas arriba, una dársena intermedia y una esclusa aguas abajo, a fin de hacer posible la navegación, salvando el obstáculo que significa el dique. (Esta obra fué incluída como capítulo independiente en el contrato con el «Consal»).

Las características principales de las obras contratadas con el «Consal», eran:

a) *Instalaciones en Rincón del Bonete.*

1.—Dique tipo Noeztli (pilares en hormigón, con cabezas redondas, contrafuertes y losas de fundación) terminado en las márgenes derecha e izquierda por muros de gravedad, de sección triangular, en hormigón. En el centro del dique existe una sección de 150 m. de largo total, para vertedero, con 12 aberturas de m. 10.50 cada una de luz, equipadas con compuertas de rodillos de movimiento vertical.

Longitud total del dique Noeztli: 374 m.

Longitud total del dique de gravedad: m. 703.50.

2.—Usina del tipo cubierto.

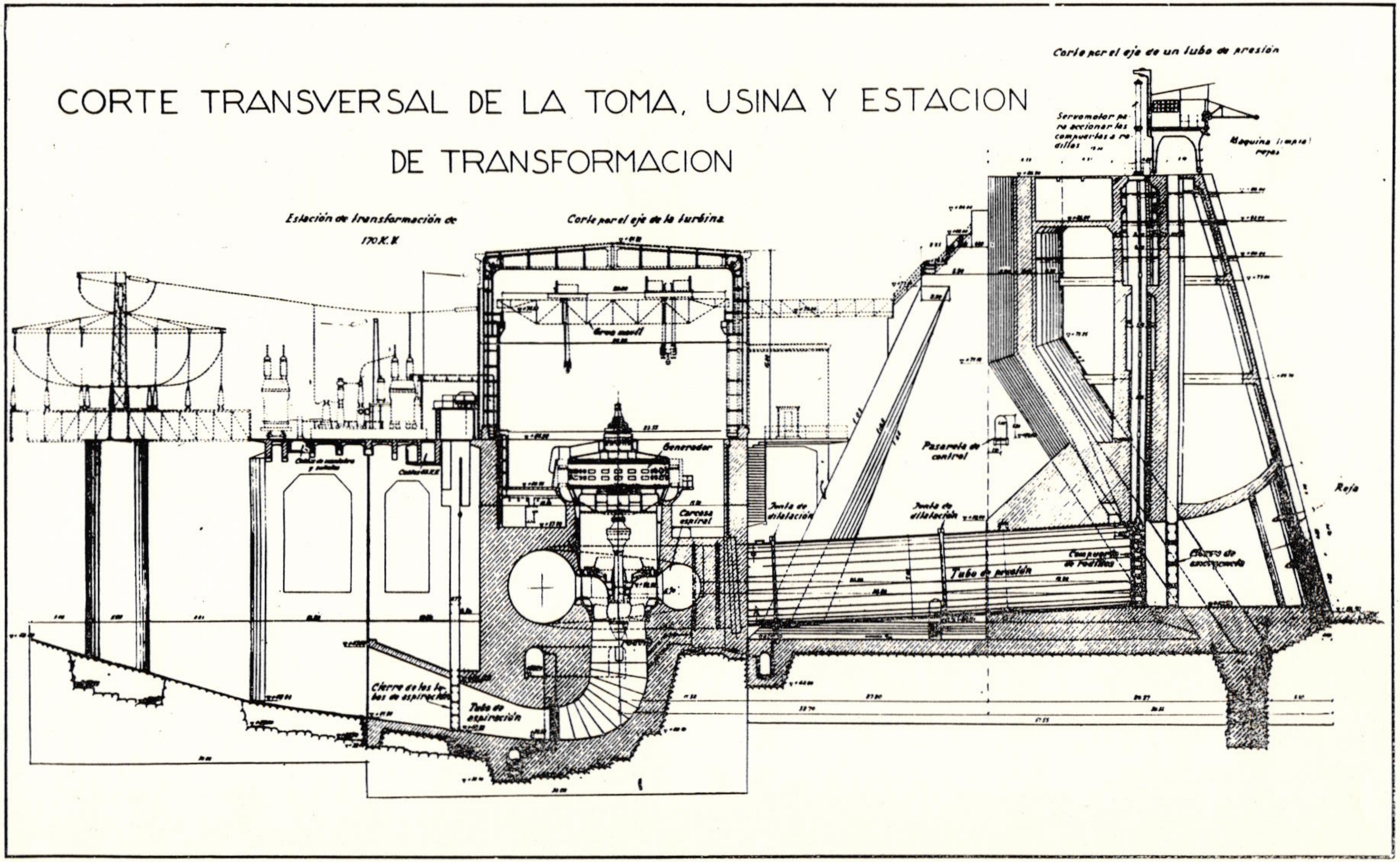

CORTE TRANSVERSAL DE LA TOMA, USINA Y ESTACION
DE TRANSFORMACION
Estación de transformación de
170 K.V.
Corte por el eje de la turbina
Corte por el eje de un tubo de presión
Servomotor para accionar las compuertas a rodillos
Maquina limpia rejas
Generador
Carcasa espiral
Junta de dilatación
Junta de dilatación
Pasarela de control
Tubo de presión
Compuerta de rodillos
Cierre de los tubos de aspiración
Tubo de aspiración
Reja

Fig. 1

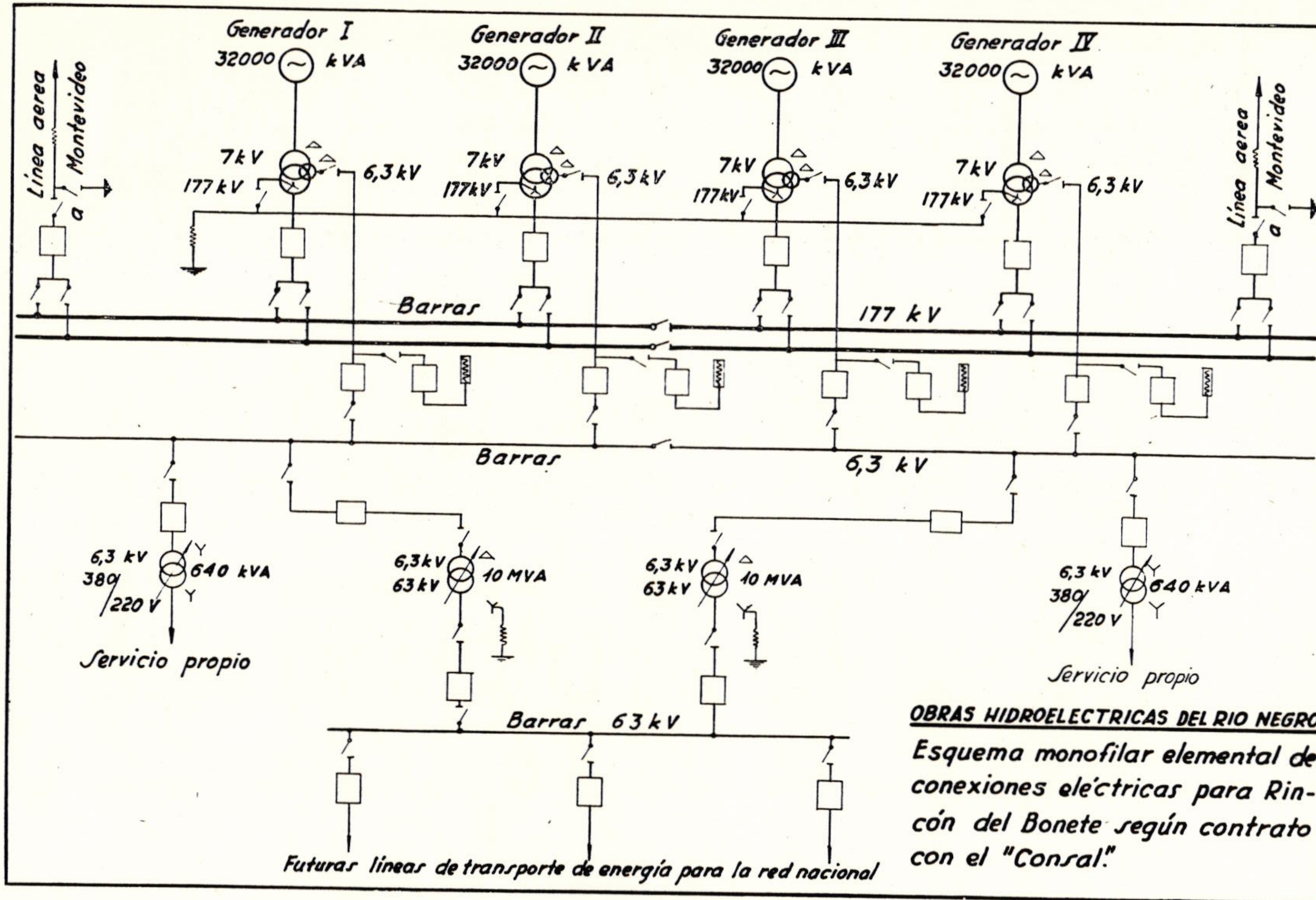

Línea aerea
a Montevideo
Generador I
32000 kVA
7 kV
177 kV
6,3 kV
Generador II
32000 kVA
7 kV
177 kV
6,3 kV
Generador III
32000 kVA
7 kV
177 kV
6,3 kV
Generador IV
32000 kVA
7 kV
177 kV
6,3 kV
Línea aerea
a Montevideo
Barras
177 kV
Barras
6,3 kV
6,3 kV
380/220 V
640 kVA
Servicio propio
6,3 kV
63 kV
10 MVA
6,3 kV
63 kV
10 MVA
6,3 kV
380/220 V
640 kVA
Servicio propio
Barras 63 kV
Futuras líneas de transporte de energía para la red nacional
OBRAS HIDROELECTRICAS DEL RIO NEGRO
Esquema monofilar elemental de conexiones eléctricas para Rincón del Bonete según contrato con el "Consal".

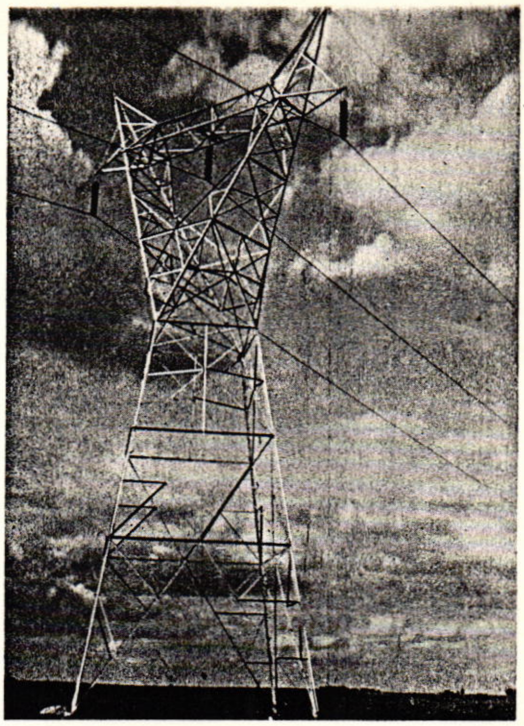
Fig. 2

3.—Cuatro turbinas Kaplan de 45.000 caballos cada una, para 32 m. de caída bruta, y 136.4 r.p.m., de 6 álabes. Los tubos de presión son de chapa de 19 mm., remachadas. (Ver Fig. Nº 1). Los extremos de tales tubos están empotrados: el extremo de aguas arriba, en un macizo de hormigón inmediato a la toma; el de aguas abajo, en el macizo del muro de aguas arriba de la Usina y en el macizo envolvente de la carcasa espiral. La parte central de cada tubo de presión (de una longitud de 15 m.) está apoyada en sus extremos, mediante una unión de libre dilatación, en las dos partes empotradas, que se acaban de mencionar, del tubo. La longitud total de cada tubo de presión es (desde la compuerta de rodillos de cierre rápido, hasta el comienzo de la espiral) igual a 38.80 m. El diámetro de esos tubos es igual a 7 m. El cierre de los tubos, aguas arriba, se produce por compuertas verticales de rodillos, de cierre rápido, accionadas cada una de ellas por un servomotor independiente. Para casos de emergencia, se dispone de una compuerta especial constituída por cuatro vigas independientes, que se coloca, mediante una grúa móvil, dispuesta sobre la plataforma superior de la toma (cota + 86.90), en un nicho ubicado inmediatamente aguas arriba del nicho de cada compuerta de rodillos. Esta misma grúa mueve la máquina que limpia las rejas existentes en la entrada de las tomas. Tales rejas tienen por finalidad detener los cuerpos relativamente grandes que tendieran a entrar a los tubos de presión. Las compuertas de los tubos de salida de las turbinas son accionadas por otra grúa, que se mueve en la plataforma de la estación de transformación (cota + 64.90).

4.—Cuatro generadores de 32.000 KVA. — Tensión de generación: 7.000 volts. Frecuencia: 50 períodos/seg. — Momento de inercia WD^2=6100 tm^2.

Los generadores son de eje vertical directamente acoplado al eje de cada turbina hidráulica. La excitatriz principal y la auxiliar, que también alimenta el motor síncrono para el accionamiento del regulador de la turbina, están montadas sobre el mismo eje del generador. Cada máquina (turbina-generador) tiene tres cojinetes de guía y un cojinete que soporta el peso total.

5.—Cuatro transformadores de tres enrollados con las siguientes características:
Potencia: 32/32/10 M. V. A.
Tensión: 7/177/6, 3 kV. (en vacío).
Conexión: triángulo/estrella con neutro



Vista de una torre de la línea de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo. Línea terminada. (Foto tomada en abril 1945.)

puesto a tierra a través de una bobina Petersen/estrella.

El arrollamiento de 7 kV conectado a los bornes del respectivo generador; el de 177 kV a las barras colectoras que a su vez alimentarían las dos líneas de transporte de energía a Montevideo y el de 6.3 kV iría unido a barras colectoras de 6.3 kV que alimentarían por medio de transformadores: el servicio propio de la Central (dos transformadores de 6.3 kV/380/220 V., potencia de cada uno 640 kVA) y el sector norte de la futura red nacional (dos transformadores de 6.3/63 kV, potencia de cada uno: 10 M. V. A.). Las instalaciones de 177 kV y las de 63 kV van a la intemperie.

(Ver esquema elemental de conexiones en Rincón del Bonete. Fig. Nº 2).

6.—Resistencia de agua para marcha en vacío, con una capacidad de 32 M.W.

7.—Grupo Diesel electrógeno, para casos de emergencia, con potencia de 1200 KVA en edificio independiente de la Usina, ubicado entre esta última y el dique.

b) *Líneas de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo.*

En el tramo rural que va desde Rincón del Bonete hasta un punto situado, aproximadamente, a la altura de Progreso, las dos líneas de transporte son soportadas independientemente. Es decir, cada línea de transporte va sobre mástiles independientes. En el contrato con «Consal» tales mástiles eran del tipo de pórtico (Ver Fig. Nº 3). En los tramos pre-rural y urbano, desde Progreso, aproximadamente, hasta Montevideo (predio

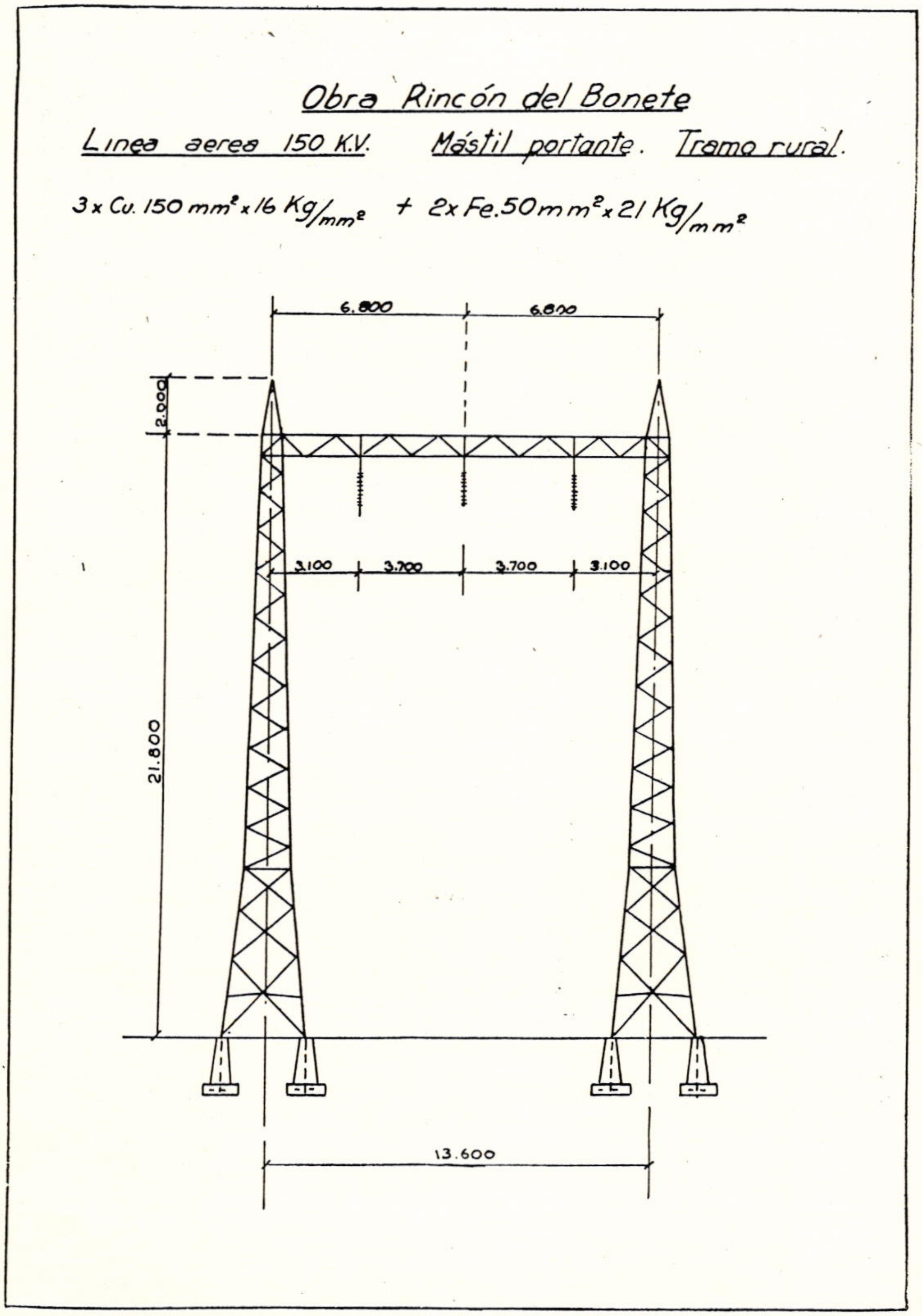

Obra Rincón del Bonete
Línea aerea 150 K.V. Mástil portante. Tramo rural.
3 x Cu. 150 mm² x 16 Kg/mm² + 2x Fe.50 mm² x 21 Kg/mm²
6.800
6.800
2.000
3.100
3.700
3.700
3.100
21.800
13.600

Fig. 3

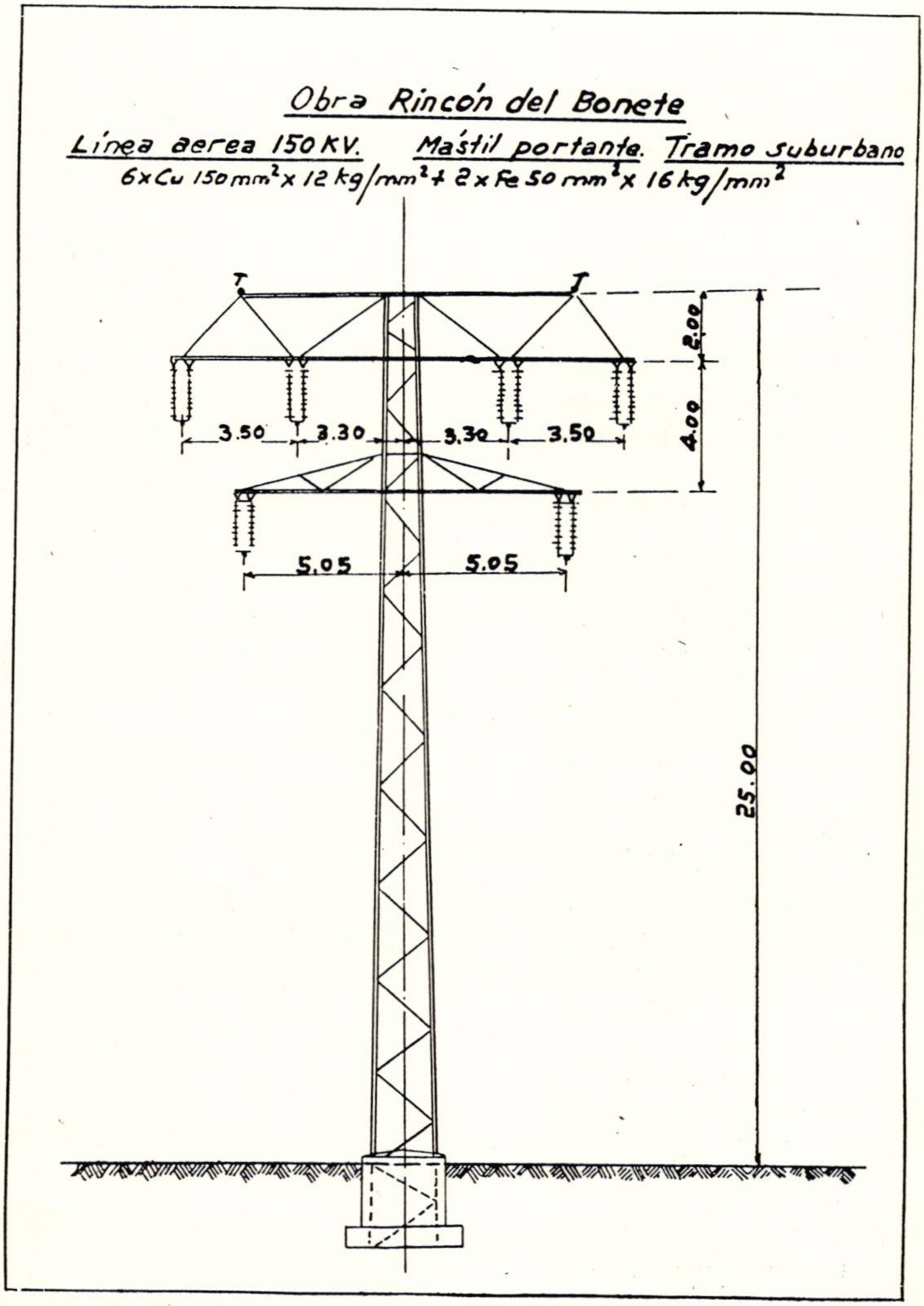
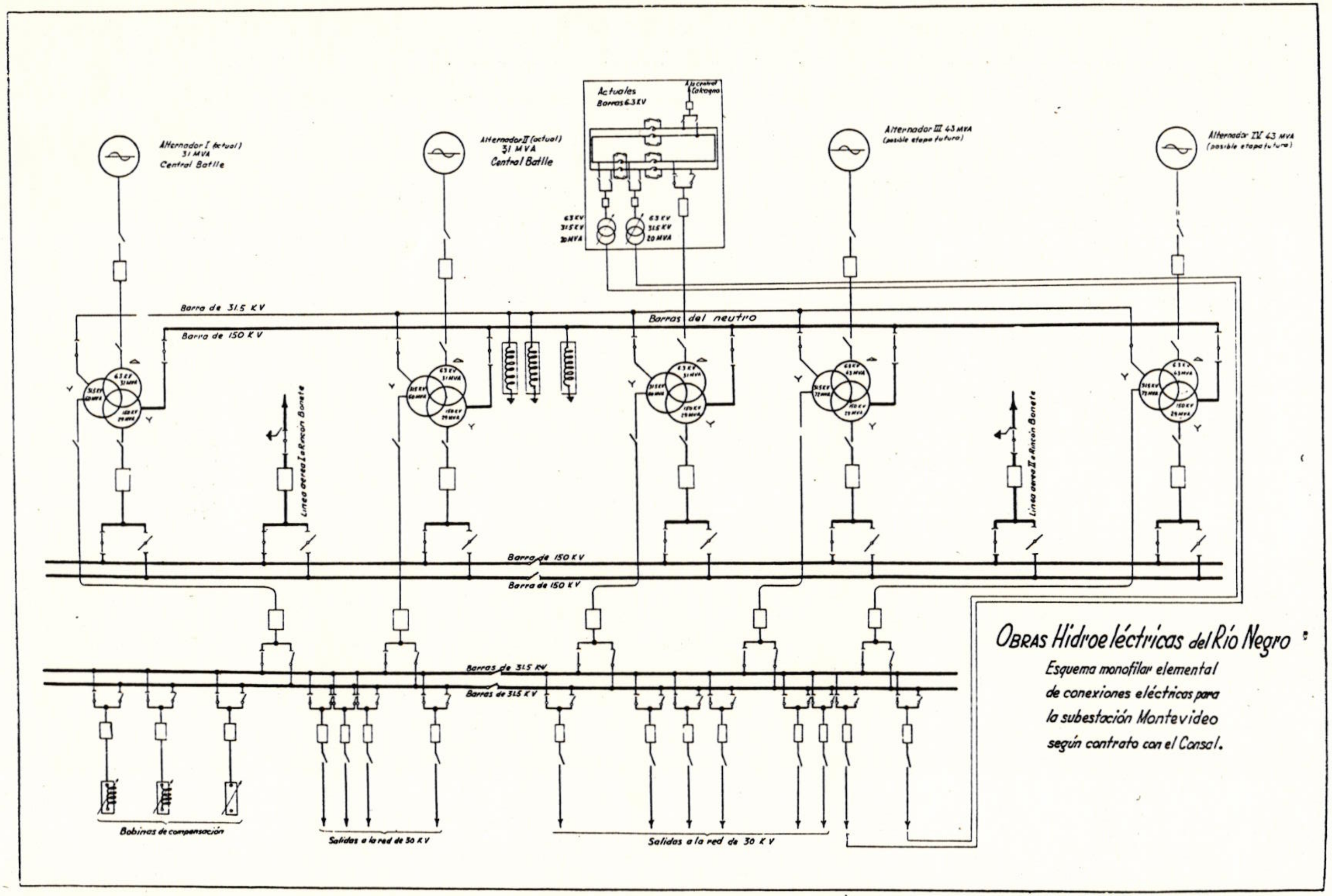

Obra Rincón del Bonete
Línea aerea 150 KV. Mástil portante. Tramo suburbano
6×Cu 150 mm²×12 kg/mm² + 2×Fe 50 mm²×16 kg/mm²
T
T
2.00
4.00
3.50
3.30
3.30
3.50
5.05
5.05
25.00

Fig. 4



Alternador I (actual)
31 MVA
Central Batlle
Alternador II (actual)
31 MVA
Central Batlle
Actuales
Barras 6.3 KV
Alternador III 43 MVA
(posible etapa futura)
Alternador IV 43 MVA
(posible etapa futura)
Barra de 31.5 KV
Barra de 150 KV
Barras del neutro
Línea aérea I a Rincón Bonete
Línea aérea II a Rincón Bonete
Barra de 150 KV
Barra de 150 KV
Barras de 31.5 KV
Barras de 31.5 KV
Bobinas de compensación
Salidas a la red de 30 KV
Salidas a la red de 30 KV
OBRAS Hidroeléctricas del Río Negro
Esquema monofilar elemental
de conexiones eléctricas para
la subestación Montevideo
según contrato con el Consal.

Fig. 5

inmediato a la central Batlle y Ordónez) los dos circuitos eléctricos son soportados por una sola fila de mástiles (Ver Fig. Nº 4). En el tramo rural cada circuito trifásico está protegido por dos cables de guardia. En los tramos pre-rural y urbano el conjunto de las dos líneas está protegido por dos cables de guardia. Estaba proyectado poner todas las torres a tierra, empleando distintas soluciones, según la resistencia eléctrica del terreno. La tensión mecánica máxima para el conductor fué establecida en 16 kg./mm.^{2}. Para el hilo de guardia se adoptó como tensión mecánica máxima 21 kg/mm^2.

Para los cruces de caminos, vías férreas, totalidad del tramo urbano, etc., se aumentó la seguridad de suspensión para esos lugares especiales, pasando de cadenas simples de 11 aisladores (suspensión normal) a cadenas dobles de 22 aisladores (suspensión de seguridad aumentada) para cada conductor. La tensión normal prevista para la salida de las líneas, en Rincón del Bonete, era 177 kV. A su llegada a la subestación Montevideo (predio inmediato a la Central Batlle y Ordóñez) la tensión sería 150 kV.

c) *Instalaciones de Montevideo.*

Las dos líneas aéreas de transporte de energía llegaban, en el contrato con el «Consal», hasta la sub-estación Montevideo y allí se conectaban a la red de 30 kV y a las centrales térmicas de Montevideo por medio de transformadores principales de tres enrollados, cuyas características fundamentales eran: (Ver esquema elemental de conexiones para la sub-estación Montevideo, Fig. Nº 5).

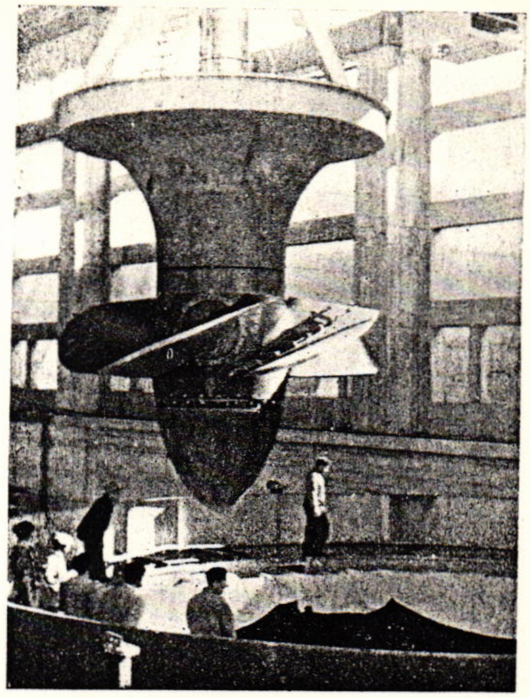
Potencia: 29/60/31 MVA (Número de unidades: 3).

Tensión: 150/31.5/6.3 kV (en vacío).

Conexión: estrella-estrella-triángulo.

Los enrollados de 150 y de 31.5 kV tenían el neutro a tierra por intermedio de bobinas Petersen.

Los transformadores principales del tipo indicado, contratados con el «Consal», eran tres. Dos conectados directamente a los generadores de la Central Batlle y uno conectado a las barras 6.3 kV, a las que se conectaría la Central Calcagno. Además, fueron contratados con el «Consal» dos transformadores reguladores de 20 MVA, 31.5 kV, para conectar las barras de 6.3 con las de 31.5 kV. El proyecto Ludin prevé dos transformadores más de tres enrollados para el caso de ampliación de la Central Batlle, con 2 alternadores de 43 MVA cada uno. —También éstos habían sido contratados con el «Consal».



Vista del rotor de la turbina, en el momento de ser trasladado para bajarlo al pozo de la máquina II (Foto tomada el 5-VI-945)

Las instalaciones de 150 y 31.5 kV de la sub-estación Batlle estaban previstas a la intemperie.

II. Desarrollo de las obras hasta el 5 de Junio de 1942

Las obras se desarrollaron normalmente hasta el 1º de setiembre de 1939, fecha del comienzo de la segunda guerra mundial. Desde ese momento, el «Consal» comenzó a encontrar dificultades, que luego se tornarían insalvables, para el transporte de las máquinas y demás elementos para las instalaciones electro-mecánicas desde Alemania al Uruguay.

Fracasadas todas las gestiones para obtener de los gobiernos aliados los «navicerts» para efectuar esos transportes, el Gobierno uruguayo inició en los EE.UU., por intermedio de la RIONE (Comisión Técnica y Financiera de las Obras del Río Negro) con la cooperación de la Embajada Uruguaya en Washington, las gestiones para el suministro de equipos y materiales para la parte electro-mecánica, por compañías norteamericanas. Esas gestiones tuvieron buen éxito.

Por otra parte, el ataque de Japón a los EE.UU. y la posterior declaración de estado de guerra entre este último país y Japón, Alemania e Italia trajeron como consecuencia inmediata la resolución adoptada en la Conferencia de Río de Janeiro (Enero de 1942).

Nuestro Gobierno fué de los primeros en romper relaciones diplomáticas, comercia-

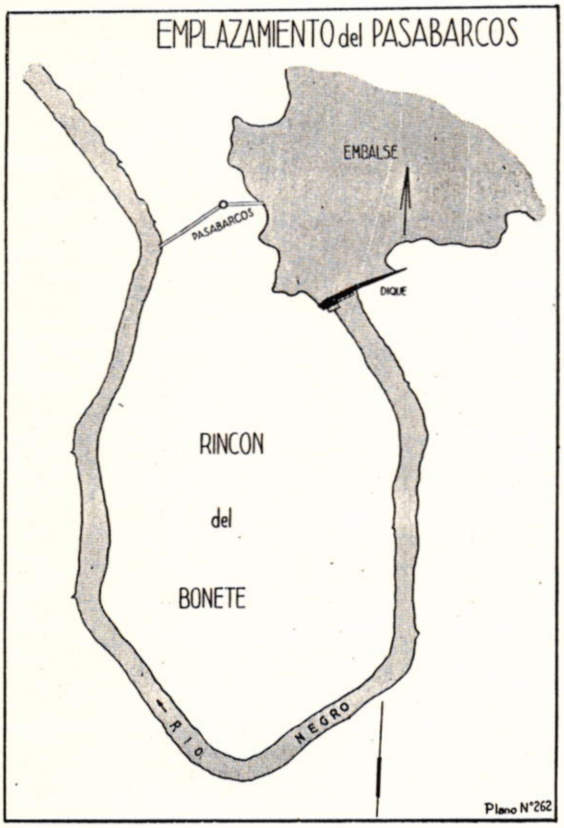


Fig. 6

les y financieras con Alemania, Italia y Japón, en cumplimiento de los acuerdos de Río de Janeiro. Esa ruptura de relaciones con Alemania trajo, como obligada consecuencia, la invalidación del contrato con el «Consal», la que fué decretada por el Gobierno uruguayo el 7 de mayo de 1942.

Durante el período en que actuó el «Consal» como contratista (15 de abril de 1937 a 7 de mayo de 1942) se introdujeron algunas modificaciones a las obras contratadas con el mismo «Consal».

Las más importantes de esas modificaciones fueron:

1º Sustitución de una sección de dique Noeztli, en la margen izquierda, en una longitud de 412.50 m., por un dique de gravedad de sección triangular, con una economía de $ 451.700.

2º Eliminación de la cabeza de esclusa incluída en el contrato del 15 de abril de 1937, con el «Consal», como rubro independiente. Con la economía producida con la eliminación de esa cabeza de esclusa, la RIONE construirá un pasabarcos (Ver Fig. Nº 6) que permitirá, desde comienzos del próximo año, trasladar embarcaciones, de hasta 100 toneladas, desde el lago de Rincón del Bonete hasta aguas abajo. Esta solución cuenta con la opinión favorable de la Dirección de Hidrografía.

3º Supresión del tratamiento superficial del hormigón del dique.

Cuando el «Consal» abandonó las obras, éstas se encontraban en el siguiente estado:

a) Dique terminado, con excepción de un tramo de la sección triangular de gravedad, de 37.50 m. de longitud y de las cinco aberturas provisorias dejadas en la sección del vertedero para el desagüe del río durante la construcción de la parte del dique correspondiente a la margen izquierda.

b) Tubos de presión, compuertas de rodillos de las tomas con sus servomotores y equipos de bombas, rejas de las tomas, espirales y compuertas a la salida de los tubos de aspiración, para las cuatro turbinas: instalados.

c) Anillos de soporte para las máquinas II, III y IV: instalados.

d) Grúas de aguas arriba y de aguas abajo y máquina de limpiar rejas: instaladas.

e) Paredes exteriores de la Usina y de la sala de montaje y plataforma para la estación de 177 kV: terminados en hormigón, sin revestimientos, hasta la cota + 64.90.

f) Piso de la Usina. Estructuras de hormigón: terminadas hasta el piso de los generadores de las máquinas II. III y IV. Por ejecutar el macizo de hormigón de recubrimiento de la espiral de la turbina I (por falta del anillo de soporte del generador).

g) Piso de la sala de montaje: terminado sin revestimiento.

h) Casa de comando. Terminadas las estructuras, en general. Las dependencias para empleados quedaron prontas para habilitarse.

i) Edificio del taller: terminado.

j) Superestructura de la vía férrea entre Paso de los Toros y Rincón del Bonete: terminada.

Todas estas obras corresponden a Rincón del Bonete. El «Consal» no había iniciado aún en el Uruguay las construcciones de las líneas de transporte de energía, ni las correspondientes a la estación de Montevideo.

III. Las gestiones desarrolladas en los Estados Unidos

Las gestiones dieron por resultado:

1º—Un acuerdo con el Departamento de Estado por el cual el Gobierno Americano otorga facilidades a los fabricantes de este país para construir y suministrar, para el Uruguay las máquinas y demás elementos electro-mecánicos para las obras hidroeléctricas del Río Negro.

2º—Un acuerdo con el Export Import Bank, de Wáhington, por el cual éste facilita en préstamo, al Uruguay, la suma de 12 millones de dólares para los suministros,

fletes, seguros y demás servicios, a ser pagados en los Estados Unidos.

Las condiciones de este préstamo, el más liberal de los que ha obtenido el Uruguay hasta el momento de su concertación, son: 4 % de interés anual sobre los saldos deudores; amortización en 25 cuotas semestrales, la primera de las cuales se pagará 5 años después de la fecha de entrega de cada partida por el Export Import Bank.

3º—Obtención de las prioridades, y colocación en lista de fabricación en las distintas fábricas, por la Junta de Producción de Guerra de U. S. A., para que los equipos puedan ser fabricados y embarcados para el Uruguay en plazos convenientes.

Resueltos estos puntos fundamentales, se contrataron, en primer término, la máquina II (turbina y generador), la primera línea de transporte de energía Rincón del Bonete-Montevideo y los equipos y materiales para las subestaciones de Rincón del Bonete y de Montevideo, correspondientes a la máquina II; luego la máquina I (turbina y generador) y los equipos y materiales para las mismas subestaciones, correspondientes a esa máquina I y, últimamente, las dos máquinas restantes, la segunda línea de transmisión y los equipos y materiales necesarios para completar la instalación correspondiente a las cuatro máquinas.

Las Compañías con las que se han contratado los principales suministros, son:

International General Electric Co., de Nueva York N. Y.: Generadores de Rincón del Bonete.

Westinghouse Electric International Manufacturing Cº, de Nueva York, N. Y.: Transformadores; interruptores; tableros; aisladores para la primera línea de transporte de energía; etc.

S. Morgan Smith Co., de York, Pennsylvania: Turbinas Kaplan. Los reguladores de las turbinas son suministrados por Woodward Governor Co., de Rockford, Illinois, como subcontratistas de S. Morgan Smith.

U. S. Steel Export Co., de New York N. Y.: Torres y cables de guardia de las líneas de transporte de energía; estructuras metálicas; material metálico para la desviación de la vía férrea del Ferrocarril Central entre kilómetro 298 y 328; pasabarcos en Rincón del Bonete; etc.

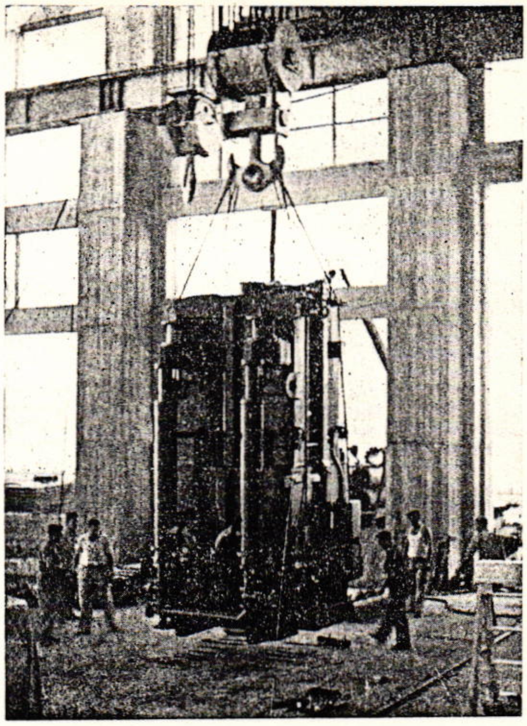
General Cable Corp., de New York N. Y.: Conductores huecos de cobre, tipo HH (Ver Fig. Nº 7) y grapas para las líneas de transporte de energía; cables subterráneo y submarino (para el cruce del arroyo Miguelete) de 34.5 kV.

Harnischfeger Corp., de Nueva York N. Y.: Dos grúas viajeras de 150 toneladas de capacidad cada una, para la sala de máquinas de la Usina de Rincón del Bonete.

Delta Star Co., de Chicago, Illinois: Instalaciones a la intemperie para las subestaciones Rincón del Bonete y Norte.

Dravo Corp., de Pittsburgh, Pennsylvania: Compuertas para el vertedero.

A. D. Cook Inc., de Lawrenceburg, Indiana: Bombas para el pozo profundo de drenaje.



Vista de uno de los transformadores monofásicos de Rincón del Bonete. 13,8/95,3 kV-11.000 kVA. (Foto tomada en enero 1945)

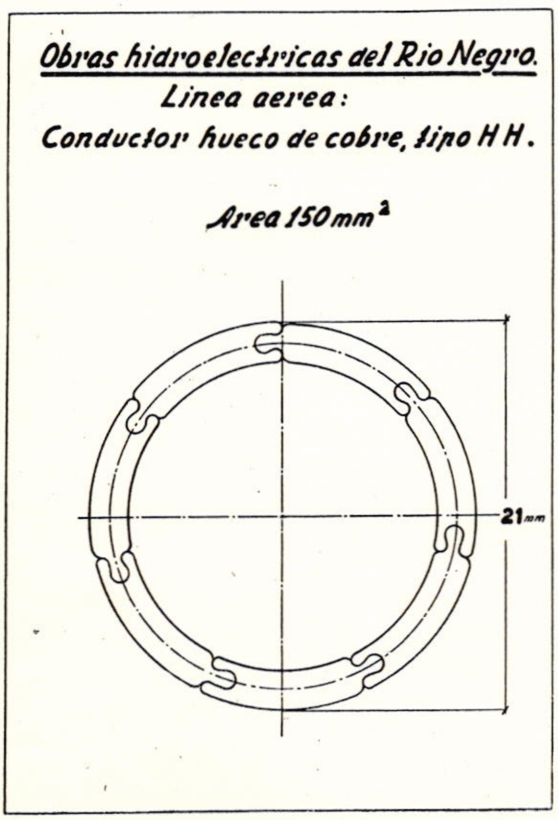


Fig. 7

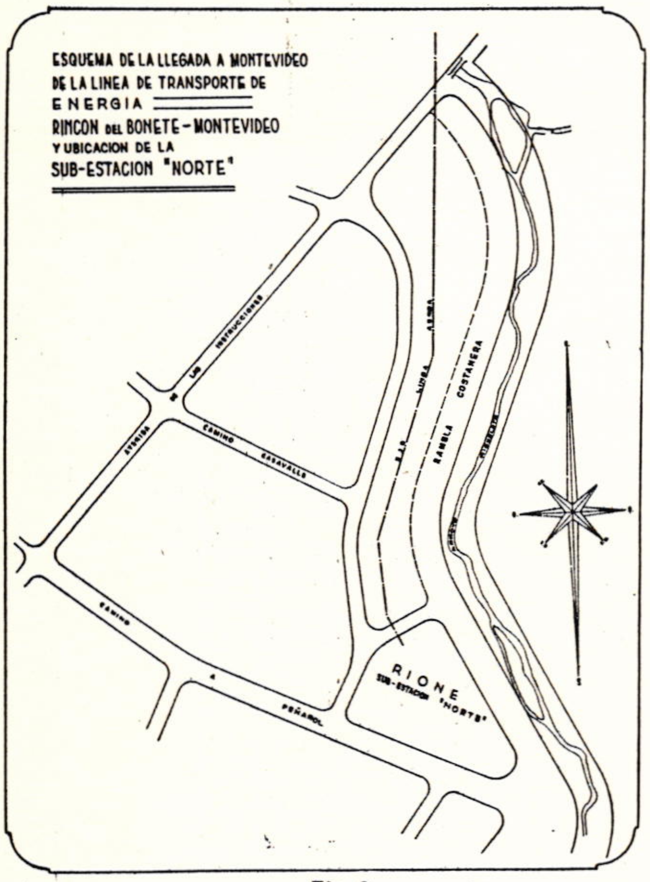


Fig. 8

IV. Estudio de la parte electro - mecánica en los Estados Unidos

Antes de contratarse las distintas máquinas y equipos en los Estados Unidos, los ingenieros de la RIONE, con la colaboración de Harza Engineering Co., de Chicago (ingenieros consultores contratados por la RIO NE). y de los distintos fabricantes, en cada una de sus especialidades, y, en especial modo, de Westinghouse Electric International Manufacturing Co., para la parte eléctrica, revisaron la totalidad de la parte electro-mecánica del proyecto del Prof. Ludin sobre el cual se había contratado la obra con el «Consal». Del resultado de esa revisión y de las necesidades de adaptar las máquinas y equipos a construir a la obra ya realizada por el «Consal» y a la mejor práctica norteamericana, resultaron las siguientes modificaciones de acuerdo con las cuales se están haciendo las instalaciones:

1º—La velocidad normal de funcionamiento de las turbinas y generadores será de 125 r.p.m. en lugar de 136.4 como se preveía en el contrato con el «Consal». Esto mejora, en general, el rendimiento de la turbina hidráulica en forma tal que esa mejora compensa con creces el aumento de costo de la unidad (turbina-generador).

2º—El momento de inercia del generador fué fijado en $WD^2 = 6070$ tm^2.

3º—El voltaje de generación fué llevado a 13.800 volts., en lugar de 7000 como correspondía en el proyecto de Ludin, a fin de adaptarlo a las normas corrientes norteamericanas.

4º—El voltaje normal de salida de Rincón del Bonete será de 165 kV, en lugar de 177 kV.

5º—Los transformadores principales de Rincón del Bonete serán monofásicos de dos enrollados, 13,8/95.3 kV. La conexión triángulo-estrella. La potencia, de 32 MVA por banco (tres fases). El neutro del lado de alta estará directamente puesto a tierra.

6º—Las dos líneas de transporte de energía estarán montadas sobre mástiles independientes, como en el contrato con el «Consal», hasta un punto cercano a Progreso en donde ambas líneas pasan a estar suspendidas en una sola fila de mástiles. Las dos líneas de transporte de energía terminarán en la subestación Norte, en Montevideo. Esa subestación Norte estará ubicada en un predio existente sobre el arroyo Miguelete (margen derecha) y Avda. Peñarol. (Ver Fig. Nº 8).

7º—Los mástiles, para el tramo rural, no son de pórtico, como previsto en el proyecto Ludin y en el contrato con el «Consal». Son torres cuya parte superior (puente y castillete) está girada 45º respecto a las patas de soporte. Este tipo de mástil (Ver Fig. Nº 9) es una patente especial de la American Bridge Co., filial de la U. S. Steel Export Co., con la que se han contratado. Los mástiles del tramo pre-rural son similares a los previstos por Ludin y por el «Consal» (Ver Fig. Nº 10). Las cadenas simples de aisladores tendrán 10 elementos standard americano, los que equivalen, desde el punto de vista dieléctrico, a los 11 elementos de las cadenas simples del «Consal». Las tensiones máximas para los conductores y cables de guardia y las seguridades aumentadas serán las mismas que en el contrato con el «Consal».

8º—La conexión de las líneas aéreas de transporte de energía Rincón del Bonete - Montevideo a la red de 30 kV de Montevideo se hará mediante un anillo de cables subterráneos de 30 kV. Los puntos característicos o «vértices» de ese anillo serán los siguientes: subestación Norte (arroyo Miguelete y Cno. Peñarol); subestación G (en la Unión); subestación Batlle y Ordoñez (ubicada en el predio inmediato a la Central del mismo nombre) y subestación J (en La Teja). (Ver esquema en la Fig. Nº 11).

Las subestaciones Norte y Batlle y Ordoñez serán alimentadoras del anillo de 30 kV. A su vez, la primera estará directamente alimentada por las líneas de transporte de ener-

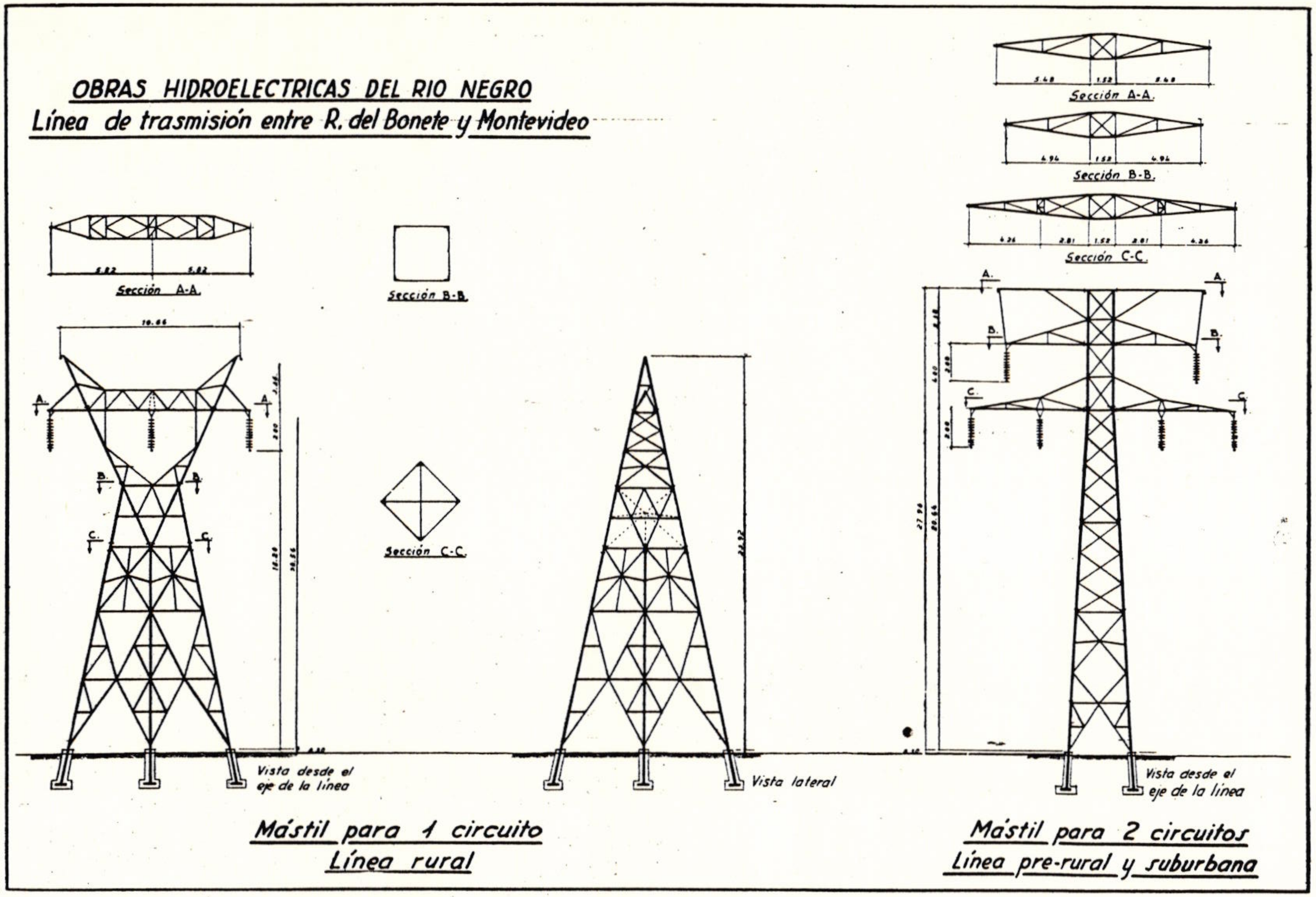

OBRAS HIDROELECTRICAS DEL RIO NEGRO
Línea de trasmisión entre R. del Bonete y Montevideo
Sección A-A.
Sección B-B.
Sección C-C.
Vista desde el eje de la línea
Vista lateral
Mástil para 1 circuito
Línea rural
Mástil para 2 circuitos
Línea pre-rural y suburbana

Fig. 9

Fig. 10

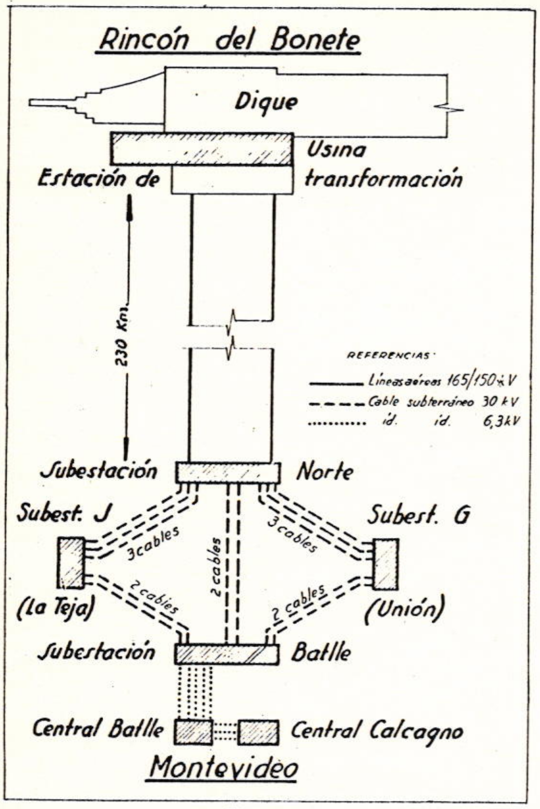


Fig. 11

gía Rincón del Bonete - Montevideo y la segunda por las Centrales a vapor de Montevideo.

Las 4 subestaciones Norte — G — Batlle y J serán de distribución y alimentarán la red de 30 kV de la ciudad de Montevideo. De esta manera se obtiene una entrada subterránea a la ciudad de Montevideo que ofrece amplias seguridades de funcionamiento y se evita la concentración de la totalidad de la potencia de las plantas hidroeléctricas y de vapor en un solo punto (subestación Montevideo inmediata a la Central Batlle y Ordoñez) lo que hubiera ocurrido si se hubiera seguido el proyecto Ludin. Los esquemas elementales de conexiones eléctricas, tal como se ejecutarán, para Rincón del Bonete, subestación Norte y subestación Batlle, pueden verse en las figuras Nros. 12, 13 y 14.

V. Ejecución de los trabajos en el Uruguay

Desde el alejamiento del «Consal» de las obras, la RIONE ha proseguido, con su propio personal y por administración, la totalidad de las obras, de acuerdo con el decreto-ley del 5 de junio de 1942, con el decreto del 15 de junio del mismo año y decretos posteriores complementarios. En esa tarea ha realizado y está realizando las siguientes obras:

a) *Obras de Ingeniería Civil*

1).—Construcción de tres secciones del dique (R8, R9 y R10), de 12.50 m. de largo cada una y una altura máxima de 38 m., en la margen izquierda del río. (Trabajo terminado).

Volumen de este trabajo: 10.569 m³ de hormigón.

Tiempo de ejecución: 4 meses.

Costo: $ 148.000.

Economía sobre los precios del «Consal»: $ 120.000.

2).—Cierre de las 5 aberturas del dique, dejadas para el pasaje del río hasta el momento del comienzo del embalse. (El llenado del embalse comenzó el 12 de enero de 1945).

Volumen de hormigón: 6.315 m³.

3).—Complemento del plan previsto por la RIONE para impermeabilización y compactación del subsuelo de fundación. (Ejecutado ya en gran parte).

Parte ejecutada: perforaciones, 2.162 m.; reperforaciones, 777 m.; cemento inyectado, 235 t.; productos químicos inyectados: silicato de sodio, 35,5 t.; cloruro de calcio 12,5 t.

4).—Construcción de las escalas de niveles aguas abajo (trabajo terminado) y aguas arriba (trabajo actualmente en ejecución).

5).—Terminación del edificio de la Casa de Comando y construcción del edificio para la Usina, por encima de la cota + 64.90 (ambos trabajos están, en estos momentos, a punto de terminarse).

Volumen de hormigón para el edificio de la Usina: 1.520 m³.

Valor aproximado de ese edificio, por encima de la cota + 64.90: $ 440.000.

6).—Sistema de mediciones y contralor de esfuerzos y deformaciones en el dique (trabajo realizado con la valiosa colaboración del Servicio Hidrográfico de la Marina, cuyo jefe es el capitán de Fragata Don Alfredo Aguiar).

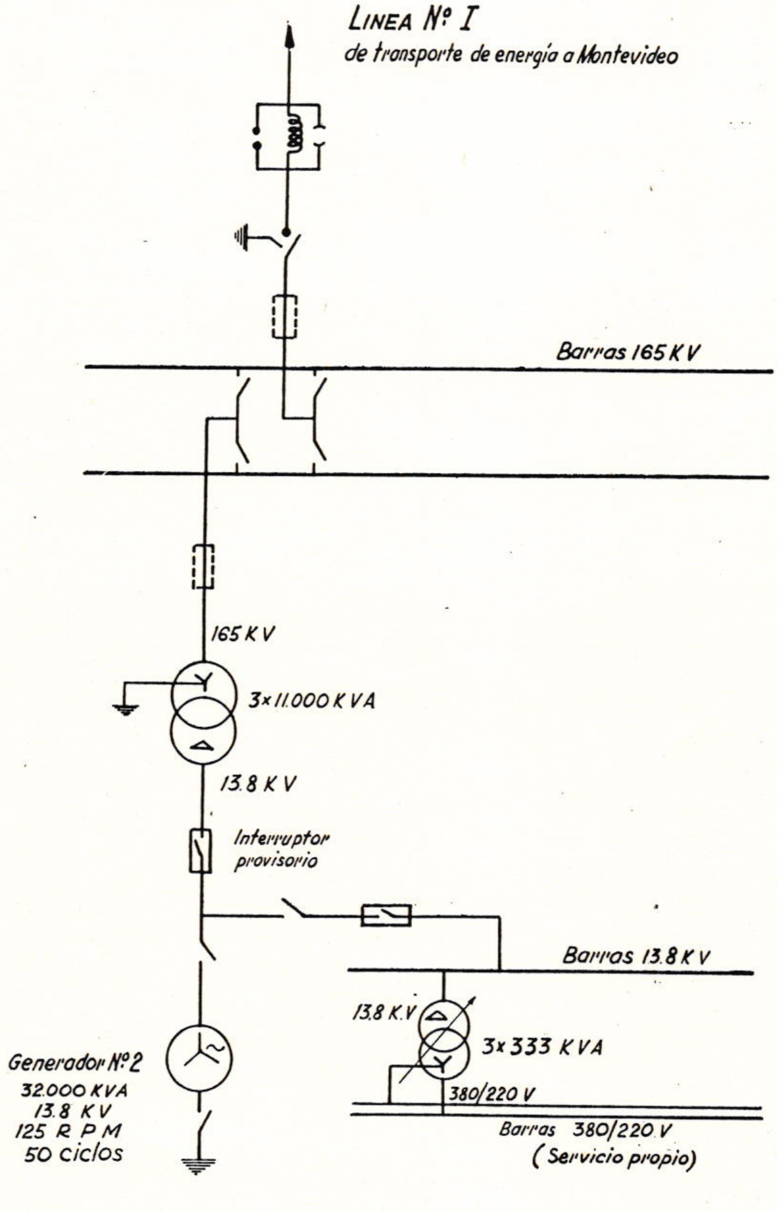
7).—Retiro de las ataguías. (Trabajo ya ejecutado).

8).—Limpieza de las márgenes del embalse y explotación de los montes, en una extensión de 10 km. de río desde el dique hacia aguas arriba, fabricando carbón. (Trabajo terminado desde hace ya más de un año). Producción de carbón: 4812 t.; producción de leña: 9000 m³. Monto invertido: $ 240.000.00.

9).—Construcción de caminos de acceso a la obra.

10).—Ampliación de la explanada entre la casa de comando y el taller (trabajo terminado desde hace más de 2 años). Volumen de excavación en roca: 4100 m³.

11).—Construcción de un pasabarcos para embarcaciones de hasta 100 t. en Rincón del Bonete (trabajo recientemente iniciado);

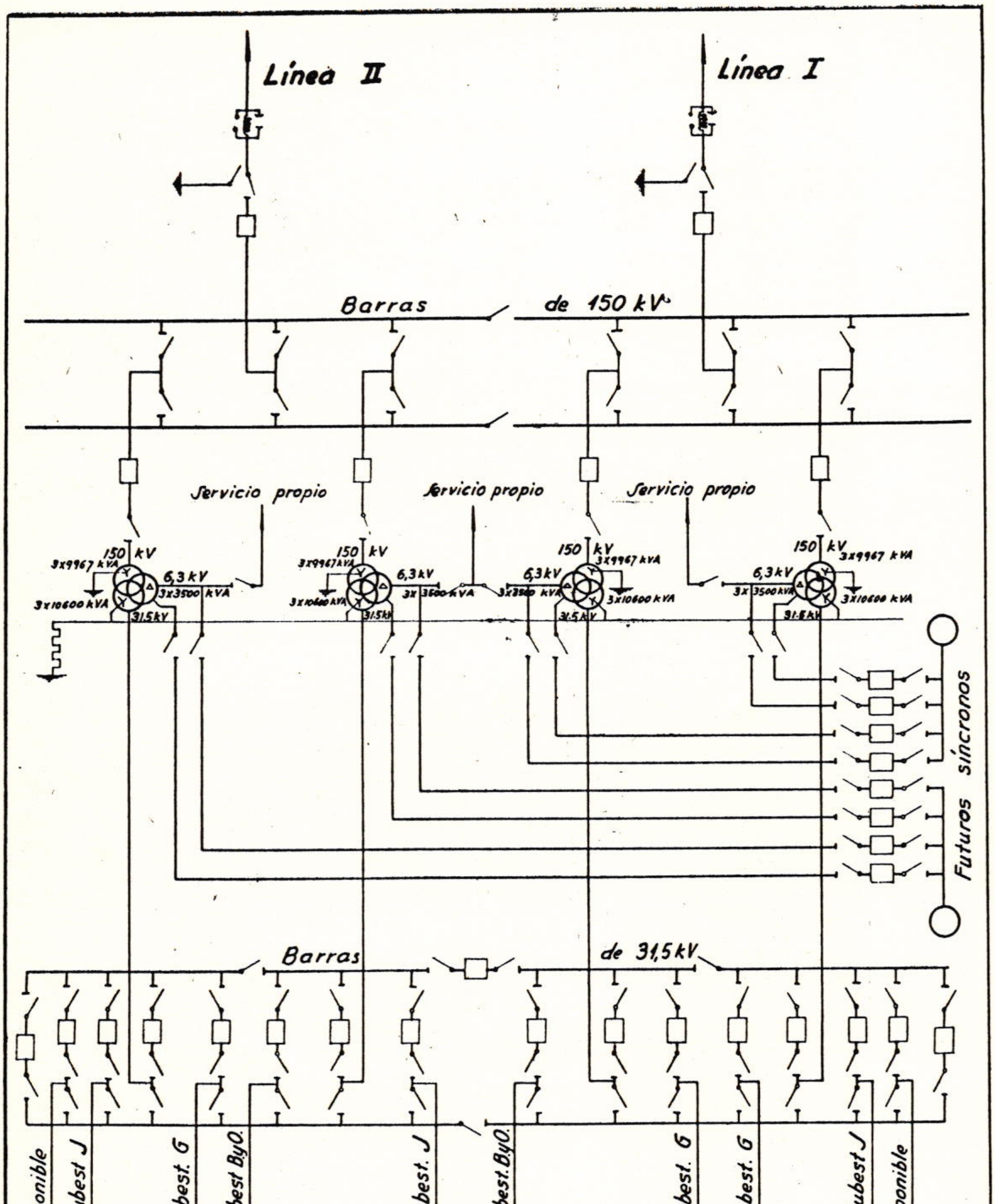


Obras Hidroeléctricas del Río Negro

Esquema monofilar elemental de las conexiones eléctricas en Rincón del Bonete correspondientes a la máquina 2 y línea Nº I de transporte de energía.

(actualmente en montaje)

Fig. 12

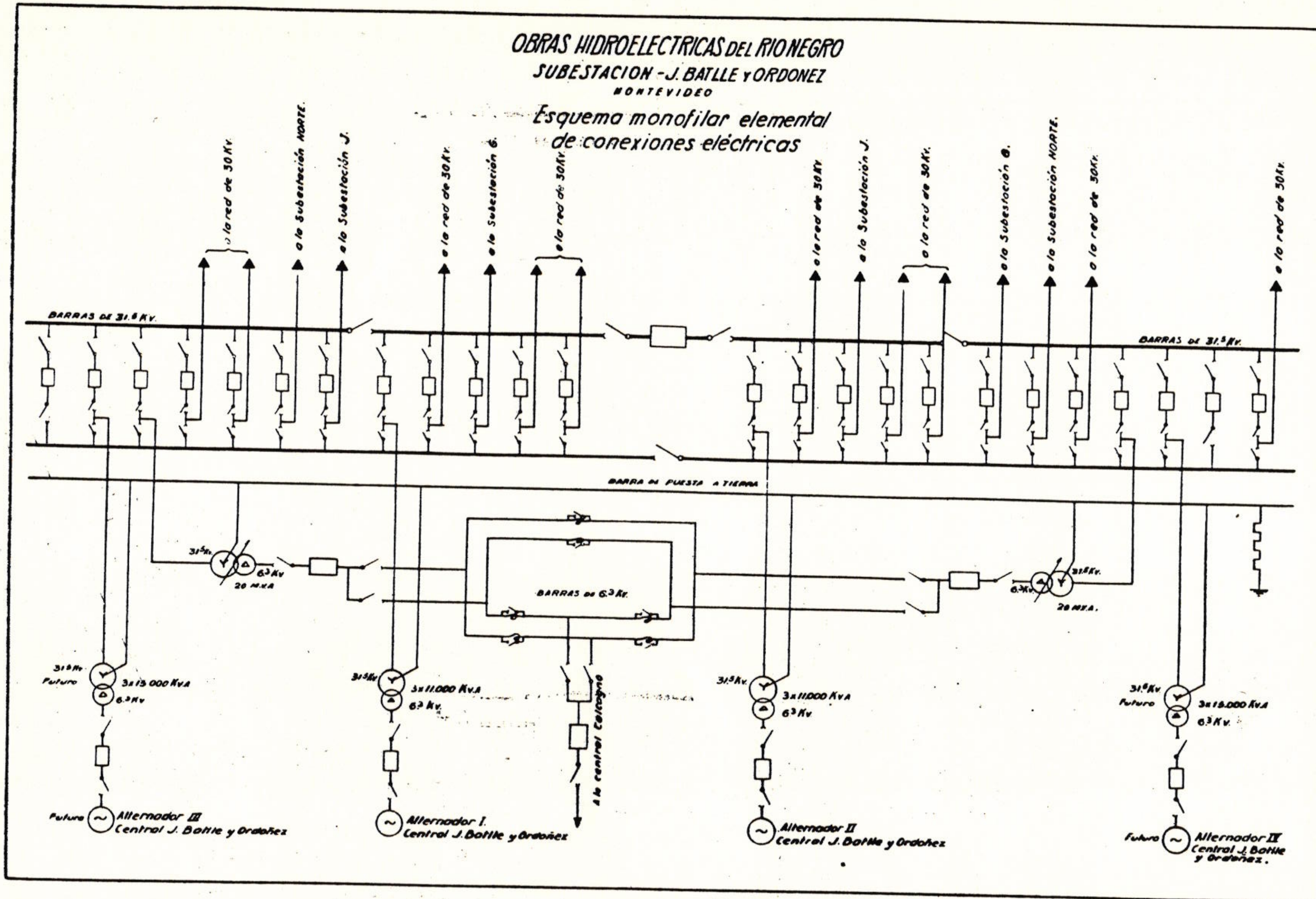


OBRAS HIDROELECTRICAS DEL RIO NEGRO

Subestación Norte (Montevideo)

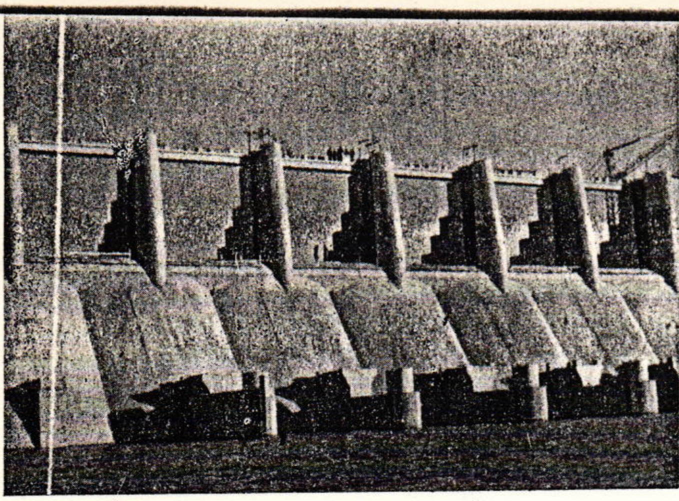
Esquema monofilar elemental de conexiones eléctricas

Fig. 13

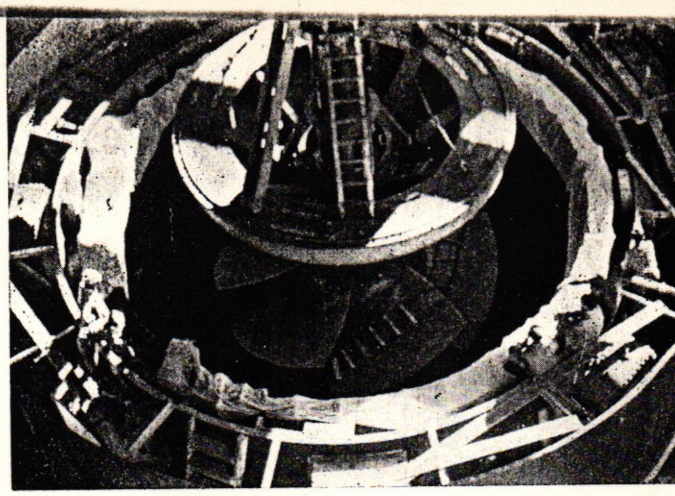


OBRAS HIDROELECTRICAS DEL RIO NEGRO
SUBESTACION - J. BATLLE Y ORDOÑEZ
MONTEVIDEO
Esquema monofilar elemental de conexiones eléctricas
BARRAS DE 31.5 Kv.
BARRA DE PUESTA A TIERRA
BARRAS DE 6.3 Kv.
a la red de 30 Kv.
a la Subestación NORTE.
a la Subestación J.
a la Subestación 6.
a la Subestación B.
a la central Calcagno
20 MVA.
3x13.000 KvA
3x11.000 KvA
Futuro
Alternador III Central J. Batlle y Ordoñez
Alternador I. Central J. Batlle y Ordoñez
Alternador II Central J. Batlle y Ordoñez
Alternador IV Central J. Batlle y Ordoñez.

Fig. 14



Zona del dique en la que se efectuó el cierre final de éste. Puede apreciarse la instalación de las guías para las compuertas del vertedero en los nichos correspondientes. (Foto tomada el 5-VI-945)



Momento de bajada del rotor de la turbina de la máquina II. (Foto tomada el 5-VI-945)

de un canal de navegación a la altura del Rincón de Cabrera (trabajo ya ejecutado desde hace más de 2 años) y derrocamiento de altos fondos de piedra en el Salto de los Negros (100 km. aproximadamente, aguas abajo de Paso de los Toros). (Este trabajo se está terminando en estos momentos). Volumen de obra realizada en el canal de Rincón de Cabrera: excavaciones en roca 2458 m^3; excavaciones en tierra 1770 m^3. Derrocamiento realizado, hasta el momento, en Salto de los Negros: excavaciones en roca 770 m^3.

12).—Estudio, proyecto y construcción de la desviación de la línea del Ferrocarril Central del Uruguay a Rivera, entre kilómetros 298 y 328. (Trabajo terminado. La nueva línea está en servicio desde el 26 de diciembre de 1944).

Longitud de la desviación: 26 km.

Volumen de hormigón, distribuído en 24 obras de arte		8900 m^3
Excavación en tierra		15300 »
»	» roca	228000 »

Una estación completa con 2 desvíos, triángulo y corral.

Una media estación con 2 desvíos.

Tipo de riel empleado: ASCE, 70 de 35 kg/m.

Tiempo empleado para los estudios definitivos, proyecto y ejecución de la obra: 24 meses.

Costo total de las obras, aproximadamente, $ 1.920.000.00.

13).—Levantamiento de la vía vieja y demás instalaciones correspondientes entre los mismos kilometrajes (trabajo que se terminará antes de fin de julio próximo).

Recuperación de material por valor de $ 300.000, que disminuirá el costo de pesos 1.920.000.00 indicado para el rubro 12).

14).—Edificio para la casa de distribución de la subestación Norte. (En ejecución y a terminarse para el 15 de julio de 1945).

15).—Edificio para la casa de distribución de la subestación Batlle y Ordoñez. (En ejecución y a terminarse para fin de setiembre de 1945).

16).—Ductos para el pasaje del arroyo Miguelete (ejecutados para los dos cables que irán de la subestación Norte a la subestación Batlle y a ejecutarse para los que irán de la Norte a la G).

17).—Ductos para el cruce de la vía férrea en la entrada del predio de la subestación Batlle (en ejecución).

18).—Canal de cables, en hormigón armado, entre la casa de distribución y la central, en la subestación Batlle y Ordoñez (Dimensiones interiores del canal: 2 x 2.15 de alto. Longitud: 300 metros, aproximadamente. Cota del piso de fundación: + 0.60 (cero del Puerto de Montevideo). Este canal tiene ventilación forzada para asegurar la temperatura conveniente para los cables y desagüe por bombas porque su piso está por debajo del nivel normal de las aguas del puerto.

b) *Obras de Electro-Mecánica*

1).—Montaje y puesta en servicio de las dos grúas viajeras de la Usina del Rincón del Bonete. Valor aproximado de esas dos grúas (trabajo ya realizado): $ 300.000.00.

2).—Montaje y puesta en funcionamiento de las 12 compuertas del vertedero, con sus equipos electro-mecánicos. (Trabajo actualmente en ejecución). Valor aproximado de la instalación: $ 500.000.00.

3).—Instalaciones y puesta en funcionamiento de la casa de comando en Rincón del Bonete. (Trabajo actualmente en ejecución).

4).—Instalación y puesta en funcionamiento de todas las conexiones eléctricas en Rincón del Bonete.

5).—Construcción y puesta en funcionamiento de las líneas de transporte de energía desde Rincón del Bonete a Montevideo (2 líneas de 230 km. cada una). Valor de ambas líneas: $ 7.700.000.00. La primera línea quedará terminada antes del 15 de julio de 1945; la segunda se comenzará en setiembre del mismo año. Ya han sido montadas todas las torres (821 torres) y tendido 200 km. del

circuito trifásico, con los 2 cables de guardia, correspondientes a la primera línea.

6).—Construcción, montaje, instalación y puesta en servicio de la subestación Norte, en Montevideo.

Valor total de las instalaciones, incluso el valor de la casa de distribución: $ 2.000.000.

7).—Idem de la subestación Batlle y Ordoñez.

Valor total de esta instalación: $ 3.000.000.

8).—Instalación y puesta en servicio de 50 km., aproximadamente, de cable subterráneo para el Anillo de Alimentación de la red de 30 kV. de Montevideo.

Valor aproximado de esa instalación: $ 1.950.000.00.

De estos cables, ya se han instalado aproximadamente 12 km. entre las subestaciones Norte y Batlle y Ordoñez.

Todos los trabajos citados hasta ahora son, fueron o serán realizados por Ingenieros Uruguayos del personal de la RIONE. Sólo en el montaje de los generadores y turbinas de Rincón del Bonete, intervienen, por haberlo así impuesto las fábricas a fin de responsabilizarse del funcionamiento de esas máquinas, montadores Americanos, con el contralor de Ingenieros Uruguayos de la RIONE. El número de esos montadores es el siguiente: dos para las turbinas hidráulicas y uno para los generadores eléctricos. *Ese es el único personal técnico extranjero que actualmente trabaja, en el Uruguay, para las obras del Río Negro.*

VI. Estado actual de las obras

Ese estado es el siguiente:

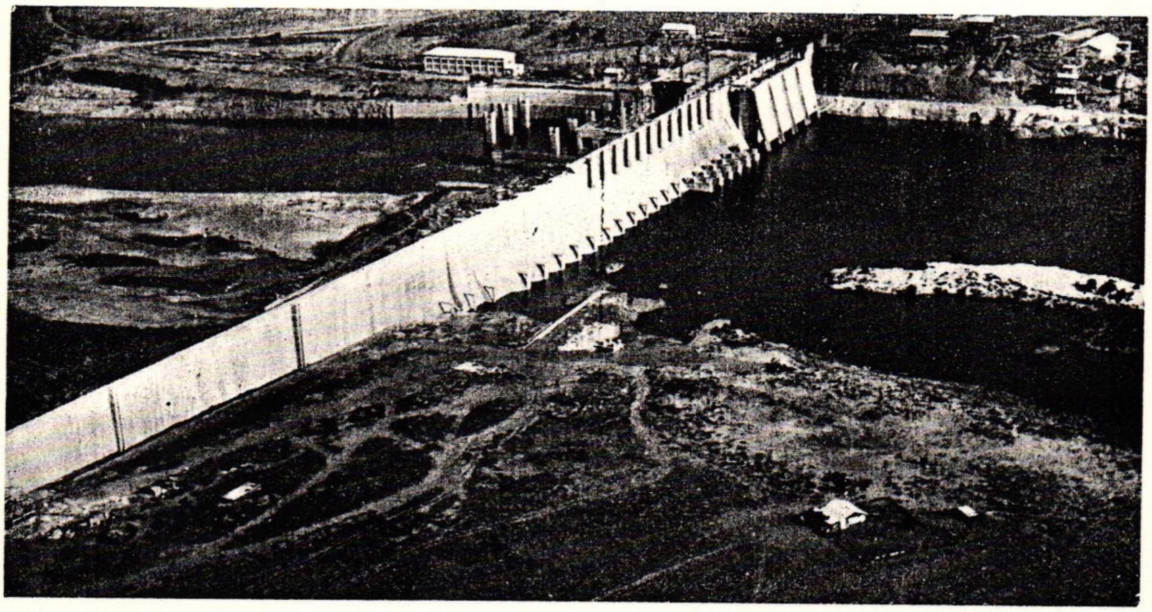
El dique y la desviación de la línea férrea del Central, están totalmente terminados. El programa de inyecciones del subsuelo está terminado, prácticamente, en la parte previa al llenado del embalse.

La primera línea aérea de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo; el edificio de la Usina de Rincón del Bonete; la casa de comando en Rincón del Bonete y el edificio de la casa de distribución en la subestación Norte quedarán terminados en el mes de julio de 1945.

La primera turbina; el primer generador eléctrico; las instalaciones eléctricas, correspondientes a esa primera máquina, en Rincón del Bonete y en la subestación Norte quedarán prontos, aproximadamente en setiembre de 1945.

El edificio de la casa de distribución de la subestación Batlle y Ordoñez, estará pronto en setiembre de 1945, aproximadamente.

Las instalaciones, en esta subestación, correspondientes a la primera máquina de Rincón del Bonete quedarán prontas en noviembre de 1945, probablemente. Se ha atrasado



Vista general del dique desde aguas arriba, margen izquierda. En primer plano, después del dique, el edificio de la Usina, en construcción; luego, los pilares, los pilares para las barras colectoras de 165 kV; más hacia la izquierda 3 pilares que soportarán la estructura correspondiente al mástil «O», del que arrancarán las dos líneas de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo. Al fondo el edificio del taller. (Foto tomada el 4-VI-945)

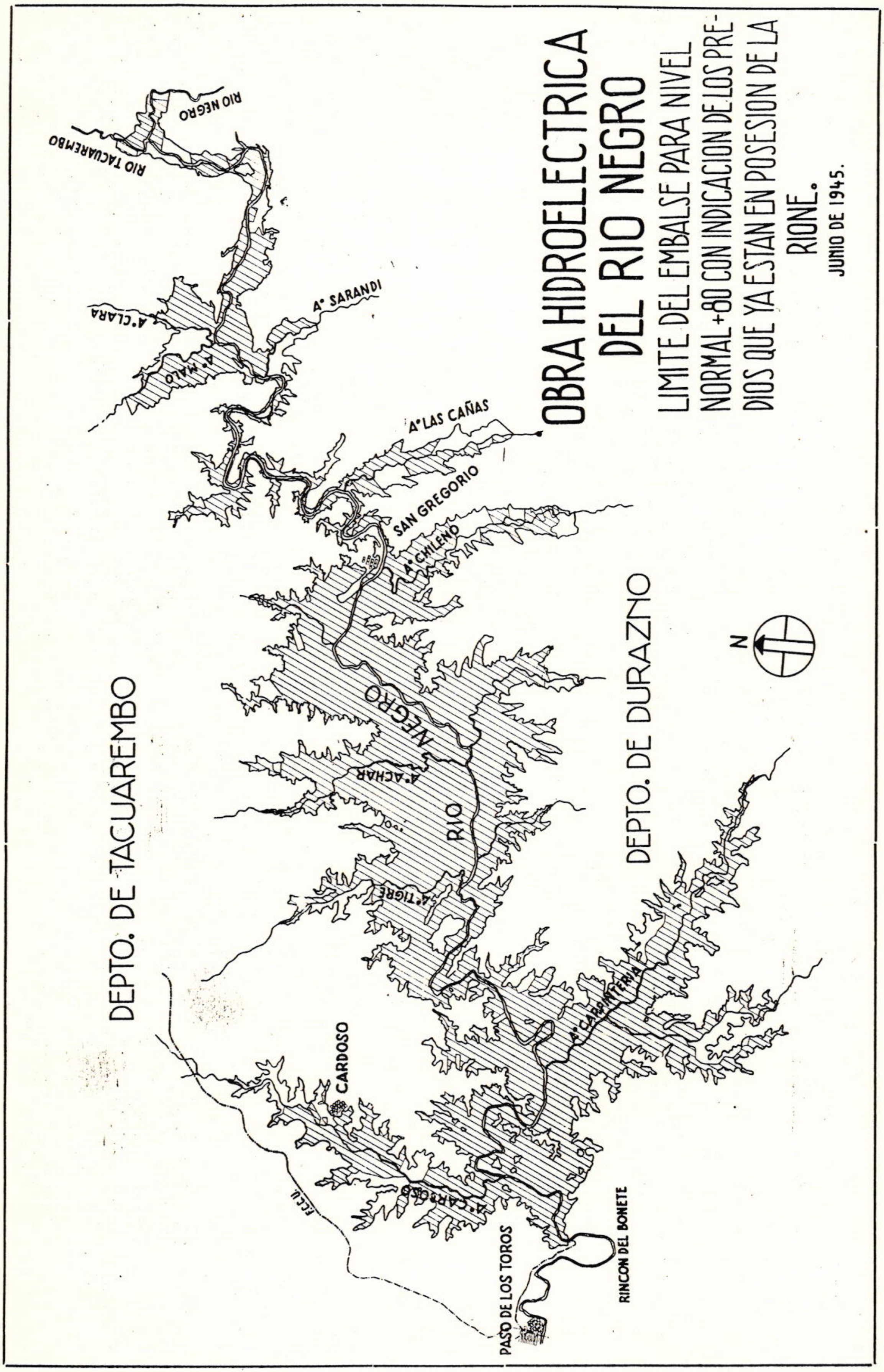
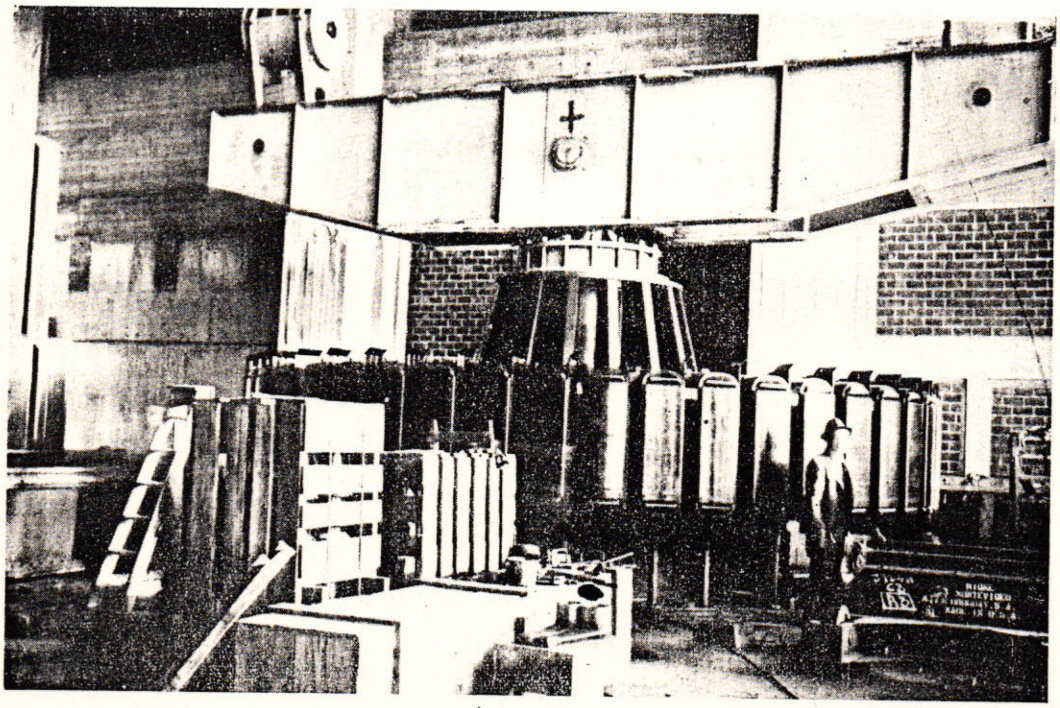
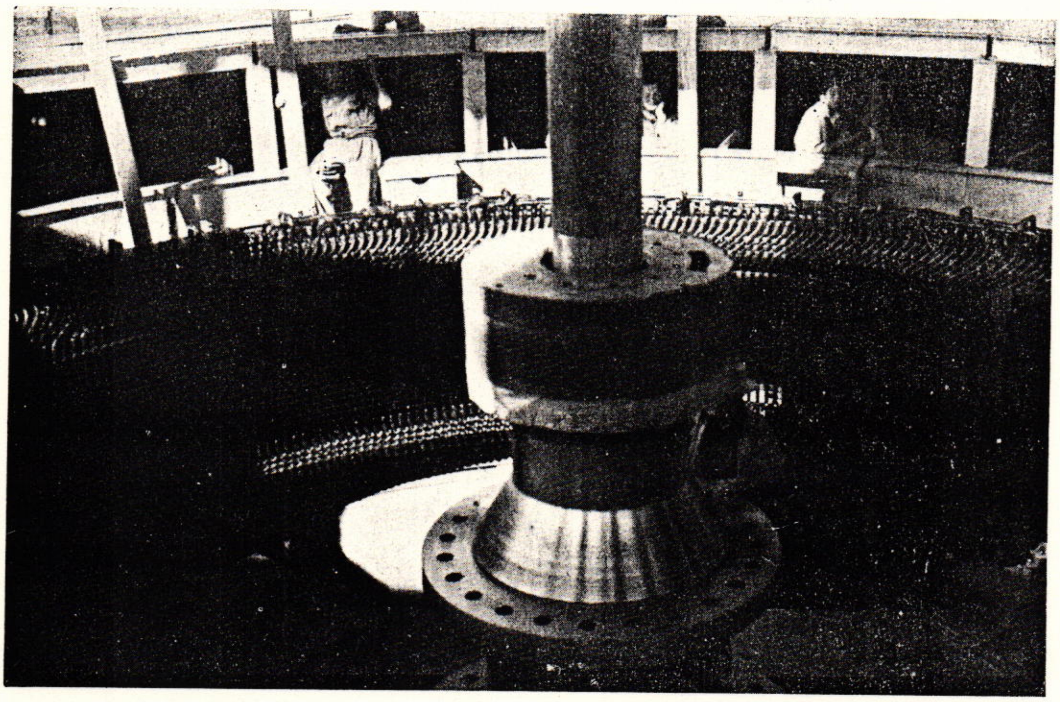

OBRA HIDROELECTRICA
DEL RIO NEGRO
LIMITE DEL EMBALSE PARA NIVEL
NORMAL +80 CON INDICACION DE LOS PRE-
DIOS QUE YA ESTAN EN POSESION DE LA
RIONE.
JUNIO DE 1945.
DEPTO. DE TACUAREMBO
DEPTO. DE DURAZNO
RIO NEGRO
RIO TACUAREMBO
A° CLARA
A° MALO
A° SARANDI
A° LAS CAÑAS
SAN GREGORIO
A° CHILENO
RIO NEGRO
A° ACHAR
A° TIGRE
A° CARPINTERIA
CARDOSO
A° CARDOSO
F.C.C.U.
PASO DE LOS TOROS
RINCON DEL BONETE
N

Fig. 15



Vista del rotor del generador.



Vista del estator del generador.

(Fotos tomadas el 29 de Junio de 1945, día en que se efectuó la colocación en sitio del rotor del generador)

el suministro por la fábrica correspondiente, debido a razones de guerra, de los tableros y relais correspondientes a esa subestación. Eso obliga a hacer conexiones provisorias para poder dar servicio tan pronto quede habilitada la primera máquina en Rincón del Bonete y se tenga suficiente agua embalsada.

Por el momento, persiste la sequía que comenzó a mediados del año 1942. Actualmente, el nivel del embalse es, aproximadamente, + 60. El nivel límite inferior del embalse debe ser + 71.50. El nivel normal en esta primera etapa (una sola máquina y todavía sin compuertas del vertedero) será + 76.

Las instalaciones estarán prontas, con conexiones provisorias en la subestación Batlle y Ordoñez, presumiblemente para fin de setiembre o principio de octubre de 1945. Si, para esa época, se dispone de agua, la Usina de Rincón del Bonete podrá comenzar a entregar energía en Montevideo. Una sola máquina puede suministrar alrededor de 25.000 kW en Montevideo, dependiendo de la altura de agua en el embalse y pudiendo alcanzar hasta 28.000 kW.

Si se dispone de agua para trabajar durante todo el año con esa máquina, suministrando la energía correspondiente a la base del diagrama de consumo de Montevideo, esa sola máquina puede suministrar, desarrollando una potencia de 25.000 kW, 200 millones de kWh por año. Es decir, algo más que los 2/3 del actual consumo anual. Para que eso ocurra basta y sobra con que se tengan años de lluvias normales.

Para mayo de 1946, aproximadamente, estará instalada la máquina Nº I, (es decir, en orden cronológico de instalación, el segundo grupo generador) con las correspondientes instalaciones. Los dos primeros grupos podrán entregar en Montevideo 50.000 kW como mínimo, pudiendo llegar, según la altura de agua, a 58.000 kW, con una sola línea de transporte de energía y una cantidad de energía (con años de lluvias normales) igual a 349 millones de kWh. La segunda línea de transmisión quedará pronta antes de finalizar el año 1946.

Con las 4 máquinas en Rincón del Bonete y las 2 líneas de transmisión, Rincón del Bonete podrá entregar en Montevideo una potencia media de 105.000 kW y una potencia mínima garantida (bajos niveles del embalse) de 84.000 kW. Con las Usinas de Montevideo, y manteniendo como reserva una máquina de 25.000 kW, se podrá atender el consumo sin nuevas ampliaciones hasta que ese consumo alcance a 537 millones de kWh anuales. En los años normales, Rincón del Bonete suministrará la carga de base del diagrama y las Usinas de Montevideo la de los picos. En los años de sequía excepcional, el Río Negro atenderá los picos y las Usinas de vapor de Montevideo la base del diagrama de consumo. La contribución de las Usinas térmicas de Montevideo al abastecimiento de electricidad a la red de Montevideo y las líneas de larga distancia a ella conectadas, será —en promedio— cuando la generación llegue a 537 millones de kWh anuales, del 12, 5 % de la energía solicitada por dicha red.

El total de las instalaciones (4 máquinas en Rincón del Bonete; 2 líneas de transporte de energía entre Rincón del Bonete y Montevideo; las subestaciones Rincón del Bonete,, Norte y Batlle y Ordoñez y las secciones de 30 kV de las estaciones J y G del anillo de 30 kV) quedarán terminadas y con ellas la totalidad de las obras, al finalizar el año 1947, aproximadamente. La situación actual de las expropiaciones puede apreciarse en la Fig. Nº 15.